



**ВЛИЯНИЕ ПЕСКОСТРУЙНОЙ ОБРАБОТКИ И РЕСТАВРАЦИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ЦИРКОНИЯ
(обзор литературы)**

М.Д. МАСЛОВА, В.В. БОРИСОВ, А.А. ДАВИДЬЯНЦ, А.В. СЕВБИТОВ, С.Д. ДАНЬШИНА,
В.Г. АШЫРОВ

*ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России,
ул. Трубецкая, д. 8, стр. 2, г. Москва, 119991, Россия*

Аннотация. В последние 10 лет керамические материалы на основе диоксида циркония всё чаще находят применение в современной стоматологии. Это произошло благодаря устойчивому развитию систем автоматизированного проектирования и автоматизированного производства CAD/CAM. Перед фиксацией, циркониевые керамические конструкции, согласно результатам многочисленных исследований, необходимо подвергнуть пескоструйной обработке для улучшения их адгезии с полимерными и другими видами цемента. В данной статье рассматривается влияние различных способов пескоструйной обработки на качество адгезии материалов на основе диоксида циркония и изменение физических свойств заготовок, изготовленных из различных сплавов циркония. Особое внимание в исследовании уделяется влиянию обработки порошком Al_2O_3 на шероховатость поверхности изделий из диоксида циркония и изменению прочности и оптических свойств материалов на основе циркониевых сплавов. Помимо этого, в работе приводится оценка различного влияния пескоструйной обработки на изделия в зависимости от марок заготовок. Поиск необходимой информации проводился в отечественных и зарубежных базах данных, таких как *Elibrary*, *Cyberleninka* и *PubMed*, за последние пять лет. В данный обзор были включены 28 статей из рецензируемых источников.

Ключевые слова: пескоструйная обработка, Al_2O_3 , адгезия, цирконий, керамика, CAD/CAM.

**EFFECT OF SANDBLASTING AND RESTORATION USING ZIRCONIA-BASED MATERIALS
(literature review)**

M.D. MASLOVA, V.V. BORISOV, A.A. DAVIDYANTS, A.V. SEVBITOV, S.D. DANSHINA,
V.G. ASHYROV

*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "First Moscow State Medical University
named after I.M. Sechenov", Ministry of Health of Russia, 8 Trubetskaya Street, Building 2, Moscow, 119991,
Russia*

Abstract. Over the past 10 years, zirconia-based ceramic materials have increasingly found applications in modern dentistry. This is due to the steady development of computer-aided design and manufacturing (CAD/CAM) systems. Before fixation, zirconia ceramic constructions, according to numerous studies, need to undergo sandblasting treatment to improve their adhesion with polymer and other types of cements. This article discusses the impact of different sandblasting techniques on the adhesive quality of zirconia-based materials and the change in the physical properties of blanks made from various zirconium alloys. Special attention is given to the effect of Al_2O_3 powder treatment on the surface roughness of zirconia products and changes in the strength and optical properties of zirconium alloy-based materials. Additionally, the study provides an assessment of the varying effects of sandblasting on the products depending on the grades of the blanks. The necessary information was gathered from domestic and international databases such as *Elibrary*, *Cyberleninka*, and *PubMed* over the last five years. This review includes 28 articles from peer-reviewed sources.

Keywords: sandblasting, Al_2O_3 , adhesion, zirconia, ceramics, CAD/CAM.

Влияние пескоструйной обработки на адгезию материалов. За последнее десятилетие керамические материалы на основе диоксида циркония (ZrO_2) стали чаще применяться в современной стоматологии [1] благодаря активному развитию разнообразных систем автоматизированного проектирования и автоматизированного производства (CAD/CAM) [23]. Блоки CAD/CAM для изготовления реставраций производятся из различных видов керамики и из композита. Перед фиксацией, циркониевый керамический материал, согласно результатам многочисленных исследований, необходимо подвергнуть пескоструйной обработке. Для закрепления реставраций, изготовленных из композитных блоков, также рекомендуется провести лёгкую пескоструйную обработку поверхности перед нанесением адгезива. Кроме

того, в ряде случаев после пескоструйной обработки композитные блоки силанизируют. В зависимости от марок материалов результаты такой обработки могут различаться, но в большинстве случаев пескоструйная обработка с последующей силанизацией улучшает прочность соединения с композитными блоками CAD/CAM. Исключением является композитный блок CAD/CAM Shofu Block HC [11], повреждение которого пескоструйной обработкой получается настолько серьёзным, что силанизация не улучшает прочности сцепления, а разрушает структуру блока.

Размер частиц Al_2O_3 . Пескоструйную обработку рекомендуется проводить порошком Al_2O_3 (25, 50, 110 и 125 мкм) под различным воздушным давлением (0,1, 0,2, 0,4 и 0,6 МПа) [15]. Исследования зависимости изменений прочности адгезии и времени пескоструйной обработки показали, что оптимальным является время в 21 секунду при обработке поверхности изделия из циркония частицами Al_2O_3 под давлением в 0,2 МПа и размере порошка 110 мкм [19].

Влияние пескоструйной обработки на изделия из различных марок циркония. В исследовании Масанао Инокоши и его соавторов оценивалось различное влияние пескоструйной обработки на изделия в зависимости от марок заготовок (KATANA HT, KATANA STML и KATANA UTML). Так, пескоструйная обработка Al_2O_3 увеличивала прочность образцов из KATANA HT и KATANA STML на двухосный изгиб ($n = 20$) на 26 % и 14 % соответственно и снижала прочность образцов из KATANA UTML на 12 % [17]. Однако, для всех трёх образцов были и схожие результаты – пескоструйная обработка не повлияла на шероховатость поверхности изделий из трёх высокопрозрачных марок циркония Y-PSZ, но изменила фазовый состав их материала [16]. Пескоструйная обработка способна оказывать влияние не только на прочность на изгиб, но и на *рост докритических трещин* (SCG) при циклическом нагружении керамики из поликристалла тетрагонального циркония (Y-TZP), стабилизированного иттрием. Правильная пескоструйная обработка керамики Y-TZP может повысить её прочность на изгиб и устойчивость к SCG [27]. В зависимости от протоколов пескоструйной обработки её результаты могут различаться. Изменение угла и расстояния пескоструйной обработки не оказывает существенного влияния на прочность керамики на основе диоксида циркония на двухосный изгиб, но значительно влияет на шероховатость поверхности. Независимо от угла пескоструйной обработки, увеличение расстояния с 15 до 25 мм значительно (со средней абсолютной разницей в 0,4) снижает шероховатость поверхности, что может отрицательно повлиять на прочность соединения диоксида циркония [24].

Влияние пескоструйной обработки на оптические свойства материала. Бразильские исследователи доказали, что пескоструйная обработка не оказывает влияния на оптические свойства материала. Некоторые образцы диоксида циркония, стабилизированного иттрием, могут быть изготовлены путём наложения четырёх слоёв (L1, L2, L3 и L4) многослойных монолитных дисков KATANA ML. Спектры пропускания, изученные на модели Кубелки-Мунка (KM), показали, что пескоструйная обработка не вызывает значительного изменения светопропускания четырёх вышеуказанных слоёв. Существенной разницы в светорассеянии различными слоями диска до или после пескоструйной обработки выявлено также не было [14].

Способы улучшения адгезии. Увеличению прочности сцепления полимерного цемента с композитной и керамической поверхностью CAD/CAM может способствовать применение пескоструйной обработки в комбинации с керамической грунтовкой [28].

Кроме того, существуют исследования, по данным которых наиболее эффективной предварительной механической обработкой поверхности диоксида циркония является не пескоструйная обработка Al_2O_3 , а трибохимическая пескоструйная обработка диоксидом кремния (с использованием CoJet и SilJet) – средняя абсолютная разница по результатам теста Колмогорова-Смирнова превышала значения таковых в других исследуемых группах на 2-4 единицы [26].

Альтернатива пескоструйной обработке. Другим перспективным методом обработки поверхности для адгезионной фиксации циркониевой керамики (в качестве альтернативы пескоструйной очистке) может стать обработка *нетермической атмосферной плазмой* (NTAP). Для достижения прочной адгезии NTAP следует наносить перед нанесением грунтовки [18].

Выводы. Таким образом, пескоструйная обработка является эффективным способом улучшения адгезии материалов. Правильная пескоструйная обработка керамики Y-TZP может повысить её прочность на изгиб и устойчивость к SCG. Пескоструйная обработка не оказывает влияния на оптические свойства материала. Улучшению адгезии может способствовать применение пескоструйной обработки в комбинации с керамической грунтовкой. Другим перспективным методом обработки поверхности для адгезионной фиксации циркониевой керамики может стать NTAP.

Литература

1. Волокитина Е.А., Антропова И.П., Тимофеев К.А., Труфаненко Р.А. Современное состояние и перспективы использования имплантатов из циркониевых керамических материалов в травматологии и ортопедии [Электронный ресурс] // Cyberleninka.ru: сайт. 2012-2024. URL: (дата обращения: 30.04.24)

2. Воробьева Ю.Б., Ермолович А.Л., Игнатенко М.С., Лупояд Ян.А. Актуальные аспекты адгезии в современной стоматологии [Электронный ресурс] // eLibrary.Ru: сайт. 1999-2024. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49436246> (дата обращения: 19.04.24)
3. Джалалова М.В., Оганян А.И., Цаликова Н.А. Численно-экспериментальное исследование прочностных свойств премоларов с штифтовыми циркониевыми вкладками при разных углах нагрузки [Электронный ресурс] // eLibrary.Ru: сайт. 1999-2024. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48000095> (дата обращения: 19.04.24)
4. Дрюпина А.А., Зубкова А.А. Научное обоснование необходимости различных этапов обработки поверхности безметалловых конструкций перед адгезивной фиксацией [Электронный ресурс] // eLibrary.Ru: сайт. 1999-2024. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43176081> (дата обращения: 19.04.24)
5. Ермаков А.В., Бочегов А.А., Вандышева И.В., Жолудев Д.С., Жолудев С.Е., Григорьев С.С. Способ получения конструкционной стоматологической керамики на основе оксида алюминия [Электронный ресурс] // eLibrary.Ru: сайт. 1999-2024. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37430274> (дата обращения: 19.04.24)
6. Камолов И.Х., Асадов Д.А., Сандодзе Т.С., Чернышева И.Е. Микропористая поверхность как новое решение модификации поверхности стентов [Электронный ресурс] // Cyberleninka.ru: сайт. 2012-2024. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/mikroporistaya-poverhnost-kak-novoe-reshenie-modifikatsii-poverhnosti-stentov> (дата обращения: 30.04.24)
7. Николаенко С.А., Челнокова Е.А., Зубарев А.И., Бабенко С.Н., Шапиро Л.А., Лобауэр У. Сравнительная оценка методов обработки поверхности дентина при непрямым реставрациях [Электронный ресурс] // eLibrary.Ru: сайт. 1999-2024. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=22472943> (дата обращения: 19.04.24)
8. Рыжова И.П., Максимова В.М., Гонтарев С.Н., Булгакова Д.Х. Анализ факторов, влияющих на качество и долговечность фиксации несъемных конструкций зубных протезов (обзор литературы) [Электронный ресурс] // Cyberleninka.ru: сайт. 2012-2024. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-faktorov-vliayuschih-na-kachestvo-i-dolgovechnost-fiksatsii-nesemnyh-konstruktsiy-zubnyh-protezo-ov-obzor-literatury> (дата посещения: 30.04.24)
9. Ahmed Abdou, Tomohiro Takagaki, Ali Alghamdi, Antonin Tichy, Toru Nikaido, Junji Tagami Bonding performance of dispersed filler resin composite CAD/CAM blocks with different surface treatment protocols [Электронный ресурс] // PubMed.gov: сайт. 1997-2024. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33162457/> (дата обращения: 30.04.24)
10. Arka Swarnakar, Angana Pal Swarnakar, Himadri Sekhar Pal, Shivani Tyagi, Pragati Rawat, Abhinav Sharma Comparative Analysis of Three Surface Treatments on the Bond Strength of Zirconia to Resin-luting Agents: An In Vitro [Электронный ресурс] // PubMed.gov: сайт. 1997-2024. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37282994/> (дата обращения: 30.04.24)
11. Kumiko Yoshihara, Noriyuki Nagaoka, Yukinori Maruo, Goro Nishigawa, Masao Irie, Yasuhiro Yoshida, Bart Van Meerbeek CAD-CAM Sandblasting may damage the surface of composite CAD-CAM blocks [Электронный ресурс] // PubMed.gov: сайт. 1997-2024. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28057347/> (дата обращения: 28.03.24)
12. Liliana Porojan, Roxana Diana Vasiliu, Mihaela Ionela Bîrdeanu, Sorin Daniel Porojan Surface Characterisation of Dental Resin Composites Related to Conditioning and Finishing [Электронный ресурс] // PubMed.gov: сайт. 1997-2024. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34883740/> (дата обращения: 30.04.24)
13. Loreto Monsalve-Guil, Eugenio Velasco-Ortega, Jesús Moreno-Muñoz, Enrique Núñez-Márquez, José-Luis Rondón-Romero, Iván Ortiz-García, Ana Nicolás-Silvente, José López-López, Ángel-Orión Salgado-Peralvo, Álvaro Jiménez-Guerra Clinical study with sandblasted dental implants: a 17-year retrospective follow up [Электронный ресурс] // PubMed.gov: сайт. 1997-2024. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38278652/> (дата обращения: 30.04.24)
14. Luciana M Schabbach, Bruno C Dos Santos, Leticia S De Bortoli, Douglas Fabris, Marcio Celso Fredel, Bruno Henriques Translucent multi-layered zirconia: Sandblasting effect on optical and mechanical properties [Электронный ресурс] // PubMed.gov: сайт. 1997-2024. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37474437/> (дата обращения: 27.03.24)
15. Marko Jakovac, Teodoro Klasner, Borna Radatović, Arijeta Baftić, Željko Skoko, Luka Pavić, Mark Žić Impact of Sandblasting on Morphology, Structure and Conductivity of Zirconia Dental Ceramics Material [Электронный ресурс] // PubMed.gov: сайт. 1997-2024. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34070667/> (дата обращения: 27.03.24)
16. Masanao Inokoshi, Haruki Shimizu, Kosuke Nozaki, Tomohiro Takagaki, Kumiko Yoshihara, Noriyuki Nagaoka, Fei Zhang, Jozef Vleugels, Bart Van Meerbeek, Shunsuke Minakuchi Crystallographic and morphological analysis of sandblasted highly translucent dental zirconia [Электронный ресурс] // PubMed.gov: сайт. 1997-2024. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29325861/> (дата обращения: 25.03.24)

17. Masanao Inokoshi, Makoto Shimizubata, Kosuke Nozaki, Tomohiro Takagaki, Kumiko Yoshihara, Shunsuke Minakuchi, Jozef Vleugels, Bart Van Meerbeek, Fei Zhang Impact of sandblasting on the flexural strength of highly translucent zirconia [Электронный ресурс] // PubMed.gov: сайт. 1997-2024. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33338964/> (дата обращения: 25.03.24)
18. Merve Altuntas, Ozlem Colgecen, Utku Kursat Ercan, Elif Cukur Nonthermal plasma treatment can eliminate sandblasting procedure for zirconia-resin cement bonding [Электронный ресурс] // PubMed.gov: сайт. 1997-2024. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36645863/> (дата обращения: 28.03.24)
19. Naichuan Su, Li Yue, Yunmao Liao, Wenjia Liu, Hai Zhang, Xin Li, Hang Wang, Jiefei Shen The effect of various sandblasting conditions on surface changes of dental zirconia and shear bond strength between zirconia core and indirect composite resin [Электронный ресурс] // PubMed.gov: сайт. 1997-2024. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26140173/> (дата обращения: 25.03.24)
20. Q Ding, W J Li, F B Sun, J H Gu, Y H Lin, L Zhang Effects of surface treatment on the phase and fracture strength of yttria- and magnesia-stabilized zirconia implants [Электронный ресурс] // PubMed.gov: сайт. 1997-2024. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37534658/> (дата обращения: 30.04.24)
21. Q Du, T Cui, G Niu, J Qui, B Yang Improving Bond Strength of Translucent Zirconia Through Surface Treatment With SiO₂-ZrO₂ Coatings [Электронный ресурс] // PubMed.gov: сайт. 1997-2024. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37961015/> (дата обращения: 30.04.24)
22. Sattar Kabiri, Ammar Neshati, Bitah Rohani Effect of Different Surface Treatments and Pressure Conditions on Shear Bond Strength of Zirconia Ceramic to Composite Resin [Электронный ресурс] // PubMed.gov: сайт. 1997-2024. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35965716/> (дата обращения: 30.04.24)
23. Sevbitov A.V., Enina Y.I., Dorofeev A.E., Mironov S.N., Brago A.S. Experience in the application of hybrid ceramic restorations in the cervical region [Электронный ресурс] // eLibrary.Ru: сайт. 1999-2024. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38624062> (дата обращения: 7.08.24)
24. Somayeh Zeighami, Ali Gheidari, Hoseinali Mahgoli, Ahmad Rohanian, Safoura Ghodsi Effect of Sandblasting Angle and Distance on Biaxial Flexural Strength of Zirconia-based Ceramics [Электронный ресурс] // PubMed.gov: сайт. 1997-2024. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28621271/> (дата обращения: 26.03.24)
25. Suma Karthigeyan, Arun Jaikumar Ravindran, Ramesh T R Bhat, Madhulika Naidu Nageshwara, Sree Varun Murugesan, Vignesswary Angamuthu Surface Modification Techniques for Zirconia-Based Bioceramics: A Review [Электронный ресурс] // PubMed.gov: сайт. 1997-2024. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31198324/> (дата обращения: 30.04.24)
26. Vincent Bielen, Masanao Inokoshi, Jan De Munck, Fei Zhang, Kim Vanmeensel, Shunsuke Minakuchi, Jozef Vleugels, Ignace Naert, Bart Van Meerbeek Bonding Effectiveness to Differently Sandblasted Dental Zirconia [Электронный ресурс] // PubMed.gov: сайт. 1997-2024. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26114165/> (дата обращения: 28.03.24)
27. X Gong, X Y Zhao, C B Zhang, S B Li, Y L Wu, B Wu Effect of sandblasting on bending strength and subcritical crack growth of the dental zirconia ceramics [Электронный ресурс] // PubMed.gov: сайт. 1997-2024. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29972909/> (дата обращения: 25.03.24)
28. Yuko Nagasawa, Yoshikazu Eda, Hirotaka Shigeta, Marco Ferrari, Hiroshi Nakajima, Yasushi Hibino Effect of sandblasting and/or priming treatment on the shear bond strength of self-adhesive resin cement to CAD/CAM blocks [Электронный ресурс] // PubMed.gov: сайт. 1997-2024. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34272634/> (дата обращения: 28.03.24)

References

1. Volokitina EA, Antropova IP, Timofeev KA, Trufanenko RA. Sovremennoe sostoyanie i perspektivy ispol'zovaniya implantatov iz cirkonievyykh keramicheskikh materialov v travmatologii i ortopedii [The current state and prospects of using implants made of zirconium ceramic materials in traumatology and orthopedics [Electronic resource]] [Elektronnyj resurs]. Cyberleninka.ru: sayt. 2012-2024. URL: (data obrashcheniya: 30.04.24) Russian.
2. Vorob'eva YuB, Ermolovich AL, Ignatenko MS, Lupoyad YanA. Aktual'nye aspekty adgezii v sovremennoj stomatologii [Actual aspects of adhesion in modern dentistry] [Elektronnyj resurs]. eLibrary.Ru: sayt. 1999-2024. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49436246> (data obrashcheniya: 19.04.24) Russian.
3. Dzhalalova MV, Oganyan AI, Calikova NA. Chislenno-eksperimental'noe issledovanie prochnostnykh svoystv premolyarov s shiftovymi cirkonievymi vkladkami pri raznykh uglah nagruzki [Numerical and experimental study of the strength properties of premolars with zirconium pin tabs at different load angles] [Elektronnyj resurs]. eLibrary.Ru: sayt. 1999-2024. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48000095> (data obrashcheniya: 19.04.24) Russian.
4. Dryupina AA, Zubkova AA. Nauchnoe obosnovanie neobходимosti razlichnykh etapov obrabotki poverhnosti bezmetallovykh konstrukcij pered adgezivnoj fiksaciej [Scientific substantiation of the need for

various stages of surface treatment of metal-free structures before adhesive fixation] [Elektronnyj resurs]. eLibrary.Ru: sajt. 1999-2024. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43176081> (data obrashcheniya: 19.04.24) Russian.

5. Ermakov AV, Bochegov AA, Vandysheva IV, Zholudev DS, Zholudev SE, Grigor'ev SS. Sposob polucheniya konstrukcionnoj stomatologicheskoy keramiki na osnove oksida alyuminiya [method of obtaining structural dental ceramics based on aluminum oxide] [Elektronnyj resurs]. eLibrary.Ru: sajt. 1999-2024. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37430274> (data obrashcheniya: 19.04.24) Russian.

6. Kamolov IH, Asadov DA, Sandodze TS, Chernysheva IE. Mikroporistaya poverhnost' kak novoe reshenie modifikatsii poverhnosti stentov [Elektronnyj resurs] [Microporous surface as a new solution for surface modification of stents]. Cyberleninka.ru: sajt. 2012-2024. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/mikroporistaya-poverhnost-kak-novoe-reshenie-modifikatsii-poverhnosti-stentov> (data obrashcheniya: 30.04.24) Russian.

7. Nikolaenko SA, Chelnokova EA, Zubarev AI, Babenko SN, Shapiro LA, Lobauer U. Sravnitel'naya ocenka metodov obrabotki poverhnosti dentina pri nepryamyh restavratsiyah [Comparative assessment of dentine surface treatment methods in indirect restorations] [Elektronnyj resurs]. eLibrary.Ru: sajt. 1999-2024. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=22472943> (data obrashcheniya: 19.04.24) Russian.

8. Ryzhova IP, Maksimova VM, Gontarev SN, Bulgakova DH. Analiz faktorov, vliyayushchih na kachestvo i dolgovechnost' fiksatsii nes'emnykh konstrukcij zubnykh protezov (obzor literatury) [Elektronnyj resurs] [Analysis of factors affecting the quality and durability of fixation of fixed denture structures (literature review)]. Cyberleninka.ru: sajt. 2012-2024. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-faktorov-vliyayushchih-na-kachestvo-i-dolgovechnost-fiksatsii-nesemnykh-konstruktsiy-zubnykh-protezov-obzor-literatury> (data poseshcheniya: 30.04.24) Russian.

9. Ahmed Abdou, Tomohiro Takagaki, Ali Alghamdi, Antonin Tichy, Toru Nikaido, Junji Tagami. Bonding performance of dispersed filler resin composite CAD/CAM blocks with different surface treatment protocols [Elektronnyj resurs]. PubMed.gov: sajt. 1997-2024. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33162457/> (data obrashcheniya: 30.04.24)

10. Arka Swarnakar, Angana Pal Swarnakar, Himadri Sekhar Pal, Shivani Tyagi, Pragati Rawat, Abhinav Sharma. Comparative Analysis of Three Surface Treatments on the Bond Strength of Zirconia to Resin-luting Agents: An In Vitro [Elektronnyj resurs]. PubMed.gov: sajt. 1997-2024. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37282994/> (data obrashcheniya: 30.04.24)

11. Kumiko Yoshihara, Noriyuki Nagaoka, Yukinori Maruo, Goro Nishigawa, Masao Irie, Yasuhiro Yoshida, Bart Van Meerbeek. CAD-CAM Sandblasting may damage the surface of composite CAD-CAM blocks [Elektronnyj resurs]. PubMed.gov: sajt. 1997-2024. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28057347/> (data obrashcheniya: 28.03.24)

12. Liliana Porojan, Roxana Diana Vasiliu, Mihaela Ionela Birdeanu, Sorin Daniel Porojan. Surface Characterisation of Dental Resin Composites Related to Conditioning and Finishing [Elektronnyj resurs]. PubMed.gov: sajt. 1997-2024. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34883740/> (data obrashcheniya: 30.04.24)

13. Loreto Monsalve-Guil, Eugenio Velasco-Ortega, Jesús Moreno-Muñoz, Enrique Núñez-Márquez, José-Luis Rondón-Romero, Iván Ortiz-García, Ana Nicolás-Silvente, José López-López, Ángel-Orión Salgado-Peralvo, Álvaro Jiménez-Guerra. Clinical study with sandblasted dental implants: a 17-year retrospective follow up [Elektronnyj resurs]. PubMed.gov: sajt. 1997-2024. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38278652/> (data obrashcheniya: 30.04.24)

14. Luciana M Schabbach, Bruno C Dos Santos, Leticia S De Bortoli, Douglas Fabris, Marcio Celso Fredel, Bruno Henriques. Translucent multi-layered zirconia: Sandblasting effect on optical and mechanical properties [Elektronnyj resurs]. PubMed.gov: sajt. 1997-2024. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37474437/> (data obrashcheniya: 27.03.24)

15. Marko Jakovac, Teodoro Klaser, Borna Radatović, Arijeta Bafti, Željko Skoko, Luka Pavić, Mark Žić. Impact of Sandblasting on Morphology, Structure and Conductivity of Zirconia Dental Ceramics Material [Elektronnyj resurs]. PubMed.gov: sajt. 1997-2024. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34070667/> (data obrashcheniya: 27.03.24)

16. Masanao Inokoshi, Haruki Shimizu, Kosuke Nozaki, Tomohiro Takagaki, Kumiko Yoshihara, Noriyuki Nagaoka, Fei Zhang, Jozef Vleugels, Bart Van Meerbeek, Shunsuke Minakuchi. Crystallographic and morphological analysis of sandblasted highly translucent dental zirconia [Elektronnyj resurs]. PubMed.gov: sajt. 1997-2024. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29325861/> (data obrashcheniya: 25.03.24)

17. Masanao Inokoshi, Makoto Shimizubata, Kosuke Nozaki, Tomohiro Takagaki, Kumiko Yoshihara, Shunsuke Minakuchi, Jozef Vleugels, Bart Van Meerbeek, Fei Zhang. Impact of sandblasting on the flexural strength of highly translucent zirconia [Elektronnyj resurs]. PubMed.gov: sajt. 1997-2024. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33338964/> (data obrashcheniya: 25.03.24)

18. Merve Altuntas, Ozlem Colgecen, Utku Kursat Ercan, Elif Cukur. Nonthermal plasma treatment can eliminate sandblasting procedure for zirconia-resin cement bonding [Elektronnyj resurs]. PubMed.gov: sajt. 1997-2024. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36645863/> (data obrashcheniya: 28.03.24)

19. Naichuan Su, Li Yue, Yunmao Liao, Wenjia Liu, Hai Zhang, Xin Li, Hang Wang, Jiefei Shen The effect of various sandblasting conditions on surface changes of dental zirconia and shear bond strength between zirconia core and indirect composite resin [Elektronnyj resurs]. PubMed.gov: sajt. 1997-2024. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26140173/> (data obrashcheniya: 25.03.24)
20. Q Ding, W J Li, F B Sun, J H Gu, Y H Lin, L Zhang Effects of surface treatment on the phase and fracture strength of yttria- and magnesia-stabilized zirconia implants [Elektronnyj resurs]. PubMed.gov: sajt. 1997-2024. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37534658/> (data obrashcheniya: 30.04.24)
21. Q Du, T Cui, G Niu, J Qui, B Yang Improving Bond Strength of Translucent Zirconia Through Surface Treatment With SiO₂-ZrO₂ Coatings [Elektronnyj resurs]. PubMed.gov: sajt. 1997-2024. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37961015/> (data obrashcheniya: 30.04.24)
22. Sattar Kabiri, Ammar Neshati, Bita Rohani Effect of Different Surface Treatments and Pressure Conditions on Shear Bond Strength of Zirconia Ceramic to Composite Resin [Elektronnyj resurs]. PubMed.gov: sajt. 1997-2024. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35965716/> (data obrashcheniya: 30.04.24)
23. Sevbitov AV, Enina YI, Dorofeev A, Mironov SN, Brago AS. Experience in the application of hybrid ceramic restorations in the cervical region [Elektronnyj resurs]. eLibrary.Ru: sajt. 1999-2024. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38624062> (data obrashcheniya: 7.08.24)
24. Somayeh Zeighami, Ali Gheidari, Hoseinali Mahgoli, Ahmad Rohanian, Safoura Ghodsi Effect of Sandblasting Angle and Distance on Biaxial Flexural Strength of Zirconia-based Ceramics [Elektronnyj resurs]. PubMed.gov: sajt. 1997-2024. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28621271/> (data obrashcheniya: 26.03.24)
25. Suma Karthigeyan, Arun Jaikumar Ravindran, Ramesh T R Bhat, Madhulika Naidu Nageshwarao, Sree Varun Murugesan, Vignesswary Angamuthu Surface Modification Techniques for Zirconia-Based Bioceramics: A Review [Elektronnyj resurs]. PubMed.gov: sajt. 1997-2024. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31198324/> (data obrashcheniya: 30.04.24)
26. Vincent Bielen, Masanao Inokoshi, Jan De Munck, Fei Zhang, Kim Vanmeensel, Shunsuke Minakuchi, Jozef Vleugels, Ignace Naert, Bart Van Meerbeek Bonding Effectiveness to Differently Sandblasted Dental Zirconia [Elektronnyj resurs]. PubMed.gov: sajt. 1997-2024. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26114165/> (data obrashcheniya: 28.03.24)
27. X Gong, X Y Zhao, C B Zhang, S B Li, Y L Wu, B Wu Effect of sandblasting on bending strength and subcritical crack growth of the dental zirconia ceramics [Elektronnyj resurs]. PubMed.gov: sajt. 1997-2024. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29972909/> (data obrashcheniya: 25.03.24)
28. Yuko Nagasawa, Yoshikazu Eda, Hirotaka Shigeta, Marco Ferrari, Hiroshi Nakajima, Yasushi Hibino Effect of sandblasting and/or priming treatment on the shear bond strength of self-adhesive resin cement to CAD/CAM blocks [Elektronnyj resurs]. PubMed.gov: sajt. 1997-2024. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34272634/> (data obrashcheniya: 28.03.24)

Библиографическая ссылка:

Маслова М.Д., Борисов В.В., Давидьянц А.А., Севбитов А.В., Данышина С.Д., Ашыров В.Г. Влияние пескоструйной обработки и реставрация с использованием материалов на основе циркония (обзор литературы) // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2025. №2. Публикация 1-4. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2025-2/1-4.pdf> (дата обращения: 01.04.2025). DOI: 10.24412/2075-4094-2025-2-1-4. EDN IMXZYB *

Bibliographic reference:

Maslova MD, Borisov VV, Davidyants AA, Sevbitov AV, Danshina SD, Ashyrov VG. Vliyanie peskostrujnoj obrabotki i restavraciya s ispol'zovaniem materialov na osnove cirkoniya (obzor literatury) [Effect of sandblasting and restoration using zirconia-based materials (literature review)]. Journal of New Medical Technologies, e-edition. 2025 [cited 2025 Apr 01];2 [about 6 p.]. Russian. Available from: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2025-2/1-4.pdf>. DOI: 10.24412/2075-4094-2025-2-1-4. EDN IMXZYB

* номера страниц смотреть после выхода полной версии журнала: URL: <http://medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2025-2/e2025-2.pdf>

**идентификатор для научных публикаций EDN (eLIBRARY Document Number) будет активен после загрузки полной версии журнала в eLIBRARY